

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ СЕГМЕНТА ШЕЙНОГО ОТДЕЛА
ПОЗВОНОЧНИКА ПРИ ДЕФОРМАЦИИ МЕЖПОЗВОНОЧНОГО ДИСКА**

Ю. А. Рикун

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Т.В. Колмакова

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: yulirik.93@mail.ru

**INVESTIGATION OF DEFORMATION BEHAVIOR OF CERVICAL SPINE SEGMENT DURING
THE DEFORMATION OF THE INTERVERTEBRAL DISC**

Yu. A. Rikun

Scientific Supervisor: Dr. T.V. Kolmakova

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: yulirik.93@mail.ru

***Abstract.** In this paper the stress-strain state of the model cervical spine segment is regarded. The deformation behavior of the intervertebral disc during the deformation of the intervertebral disc is studied.*

Введение. Позвоночник является одной из важнейших структур человеческого организма. Благодаря своей структуре, позвоночник выполняет жизненно необходимые для организма человека функции, например, такие как: функция опоры и движения, а также играет важную роль в способности человеческого организма к прямохождению [1]. Межпозвоночный диск, является неотъемлемой частью позвоночного столба. С его помощью обеспечивается подвижность позвонков, равномерно распределяется нагрузка по позвоночнику в целом.

К сожалению, нередко случаи, особенно в среднем и пожилом возрасте, когда происходят дегенеративные изменения межпозвоночного диска. В такой ситуации необходимо заменить межпозвоночный диск имплантатом. Адекватное развитие и индивидуальный подбор имплантатов играют важную роль в лечении человека. Неправильный выбор материалов и дизайна имплантата могут привести к ухудшению состояния костной ткани и функционирования позвоночника в целом. Использование методов компьютерного моделирования позволяет более глубоко понять закономерности функционирования позвоночника в норме, при патологиях, при взаимодействии с имплантатом, что облегчает выбор подходящего протеза для конкретного человека.

Целью данной работы является исследование деформационного поведения сегмента шейного отдела позвоночника при деформации межпозвоночного диска.

Модель шейного сегмента позвоночника. В рамках данной работы была построена геометрическая модель сегмента C3-C4 шейного отдела позвоночника, представленная на рисунке 1.

Геометрическая модель состоит из позвонков C3 (№1) и C4 (№2), межпозвоночного диска (МПД) (№3), фасеточных суставов (№4), межкостистой связки (№5), задних дуг позвонков (№ 6), остистых (№7), поперечных (№8) и суставных (№9) отростков. Ось Z системы координат направлена вдоль оси сегмента. В позвонках учитывалось наличие компактной и губчатой (№10) костных тканей. Материал компактной

и губчатой костных тканей тел позвонков, материалы межпозвоночного диска, фасеточных суставов, межостистой связки, дуг и отростков считались изотропными линейно-упругими материалами.

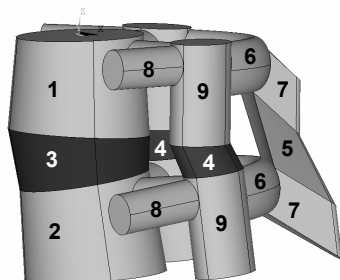


Рис. 1. Геометрическая модель сегмента C3-C4 шейного отдела позвоночника

Дегенеративные изменения межпозвоночного диска моделировались посредством уменьшения средней высоты диска с 6 мм до 4.3 мм и увеличения его модуля упругости от 2.5 МПа до 98 МПа в соответствии с данными работ [2,3], что в реальности наблюдается в результате уменьшения содержания воды в диске [1]. Также в работе принималось во внимание существование естественного изгиба шейного отдела позвоночника – лордоза. Наличие природного изгиба позвоночника обеспечивает разную высоту межпозвоночного пространства спереди и сзади, занимаемого межпозвоночным диском, который необходимо заменить имплантатом [4, 5].

Проводился расчет напряженно-деформированного состояния модельного сегмента шейного отдела позвоночника с помощью программного комплекса ANSYS с использованием метода конечных элементов. Задавались нагрузки, соответствующие физиологическому сгибанию сегмента шейного отдела позвоночника.

Результаты. Исследование влияния дегенеративных изменений межпозвоночного диска на деформационное поведение сегмента C3-C4 позвоночника показало, что во время сгибания верхний позвонок C3 движется вперед в отрицательном направлении оси X и вниз, уменьшая межпозвоночное пространство. Были определены перемещения передней точки позвонка C3 (отмечена черной точкой на рис. 2)

На рисунке 3 изображены графики зависимости полей перемещений UZ от отношения высот передней части МПД (l_1) к задней его части (l_2). Из рисунка 3(а, б) видно, что по мере снижения высоты межпозвоночного диска подвижность диска уменьшается. По мере увеличения модуля упругости подвижность диска уменьшается, как видно из рисунка 3 (в, г).

Заключение. В ходе проделанной работы можно сделать следующий вывод. Дегенеративные изменения межпозвоночного диска, а именно уменьшение высоты и увеличение модуля упругости диска приводят к уменьшению подвижности позвонка C3.

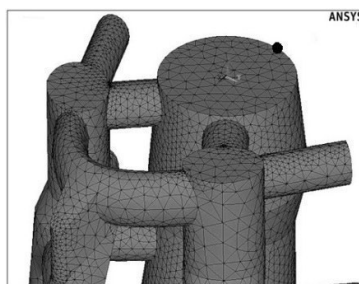


Рис. 2. Местоположение передней точки позвонка C3

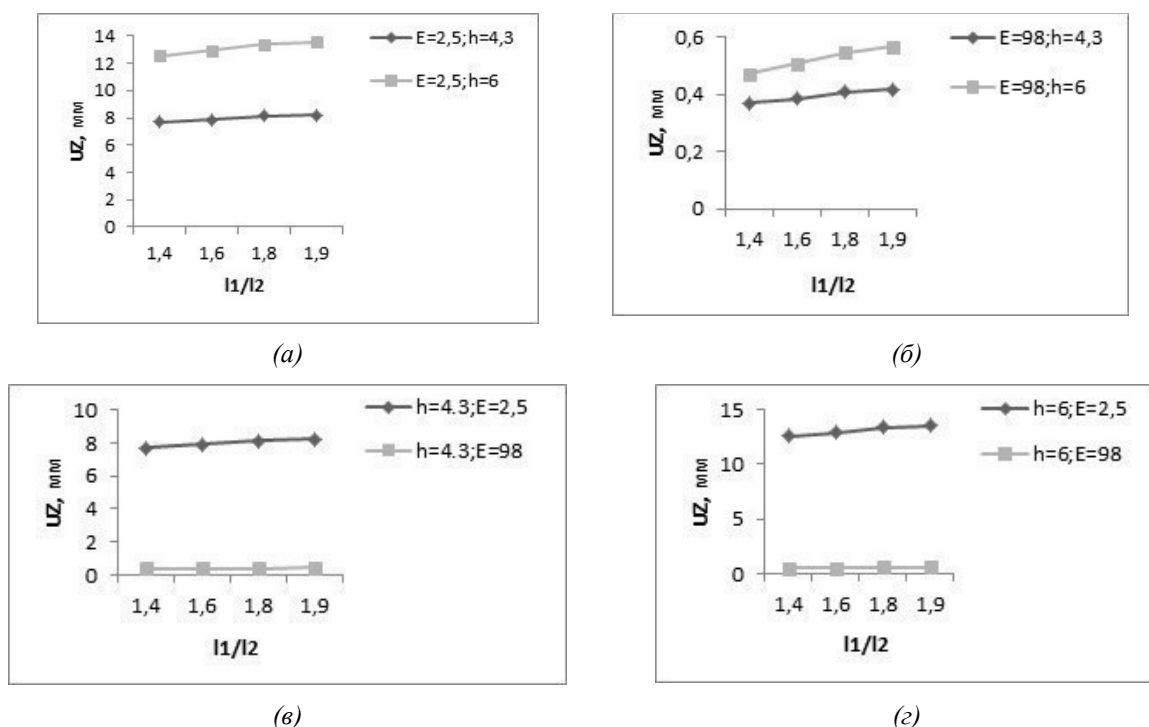


Рис. 3. Зависимость полей перемещений U_z от отношения высот передней части МПД (l_1) к задней его части (l_2): (а), (б) при фиксированном значении E (МПа) и разными значениями средней h (мм); (в), (г) при фиксированном значении средней h (мм) и разными значениями E (МПа)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кремер, Ю. Заболевания межпозвонковых дисков. – М. : МЕДпресс-информ, 2013. – 472 с.
2. Effective modulus of the human intervertebral disc and its effect on vertebral bone stress / H. Yang [et al.] // Journal of Biomechanics. – 2016. – Vol. 49. – No. 7. – P. 1134–1140.
3. Gilad I. A Study of Vertebra and Disc Geometric Relations of the Human Cervical and Lumbar Spine // Spine. – 1986. – Vol. 11. – No. 2. – P. 154–157.
4. Latif M J A Characterisation and Modelling of Spinal Facet Joints // Ph.D. thesis (The University of Leeds). – 2011. – P. 336.
5. Sohn H M, You J W and Lee J Y The relationship between disc degeneration and morphologic changes in the intervertebral foramen of the cervical spine: a cadaveric MRI and CT study // J. Korean Med. Sci. – 2004. – Vol. 19(1). – P. 101–106.